

فشار سنجی (مانومتري)

دکتر احمد نیک پی
عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
تاریخ انتشار پاییز ۱۳۹۲
nikpey@gmail.com

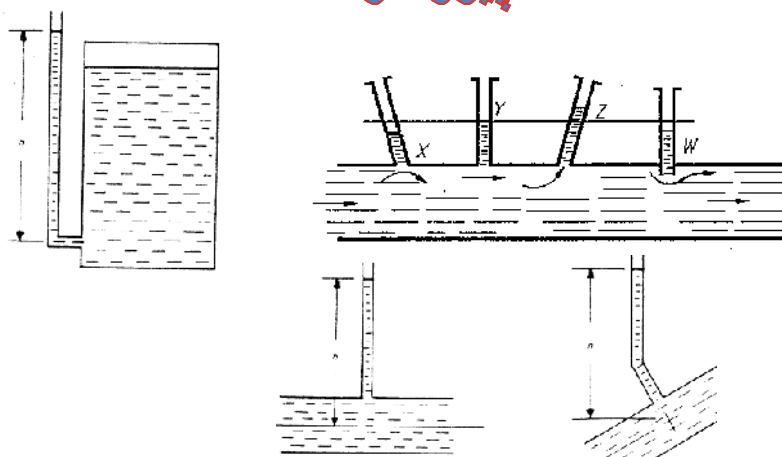
منبع

- مکاتیک سیالات کاربردی: راجرز کنسکی، فصل سوم

اهداف آموزشی

- آشنایی با پیزومتر و نحوه اندازه گیری فشار
- آشنایی با مانومتر و نحوه اندازه گیری فشار
- نحوه توسعه محدوده کاری مانومتر ها و پیزومترها
- ارتفاع پیزومتریک

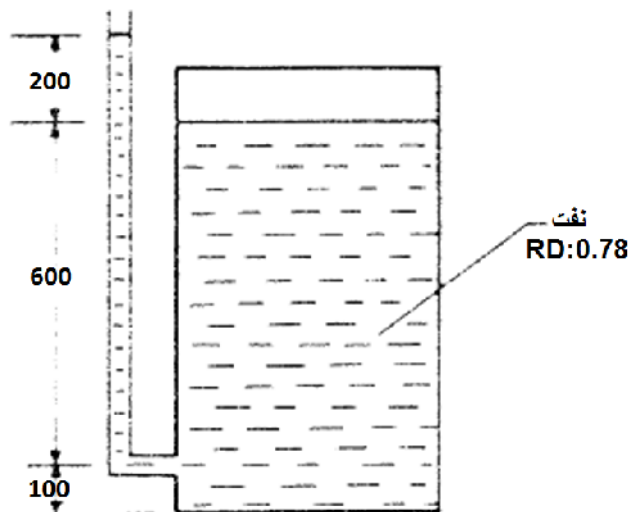
پیزومتر



- فقط در بالادست جریان که فشار مثبت است نصب می شود.

- $\Delta P = p - p_0 = \rho gh$

در پیزومتر زیر: الف فشار در نقطه اتصال ب: فشار در قاعده مخزن ج: فشار در بالای مخزن (فشار گاز)



الف فشار در نقطه اتصال

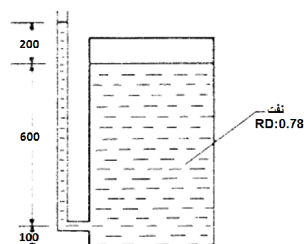
$$P = \rho gh = 0.78 \times 10^3 \times 9.8 \times 0.8 = 6.12 \text{ kpa}$$

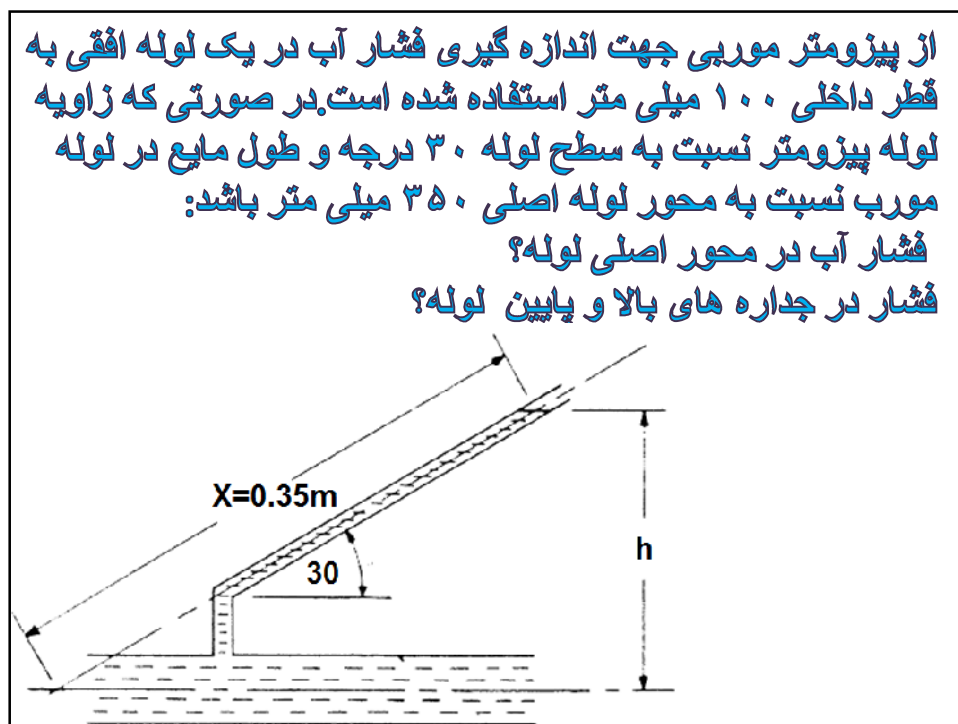
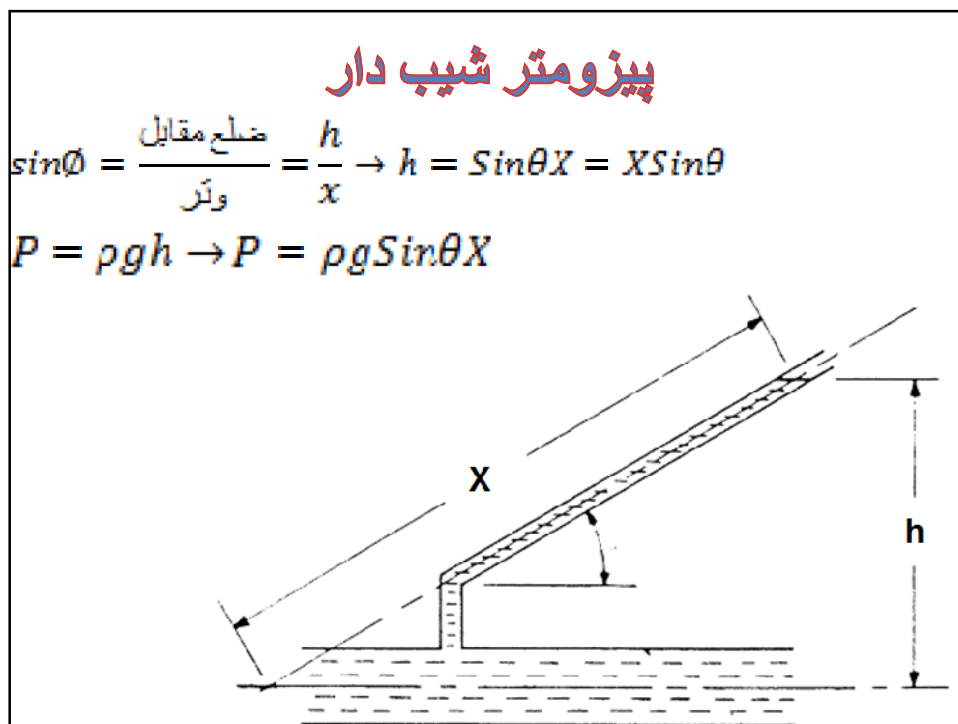
ب- فشار در قاعده مخزن

$$P = \rho gh = 0.78 \times 10^3 \times 9.8 \times 0.9 = 6.89 \text{ kpa}$$

ج- فشار در بالای مخزن (فشار گاز)

$$P = \rho gh = 0.78 \times 10^3 \times 9.81 \times 0.2 = 1.53 \text{ kpa}$$





$$X=350 \text{ mm}=0.35\text{m}$$

$$H=X \sin \theta \quad h=0.35 \rightarrow \sin 30^\circ=0.175\text{m}$$

$$P = \rho g h = 10^3 \times 9.81 \times 0.175 \text{ (Pa)}$$

$$= 1.72 \text{ kPa}$$

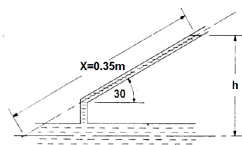
فشار در مرکز لوله

$$h = 0.175 - 0.05 = 0.125 \text{ m}$$

$$P = 10^3 \times 9.81 \times 0.125$$

$$= 1.23 \text{ kPa}$$

فشار در جداره بالایی لوله



$$h = 0.175 + 0.05 = 0.225 \text{ m}$$

$$P = 10^3 \times 9.81 \times 0.225$$

$$= 2.21 \text{ kPa}$$

فشار در جداره پایین لوله

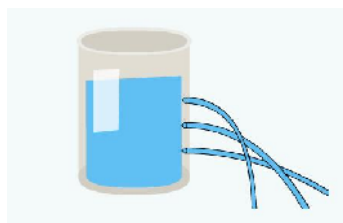
ارتفاع پیزومتریک

- ظرف پر از مایع را عمق های h_1, h_2 از سطح آزاد مایع و یا در ارتفاع های Z_1, Z_2 از کف ظرف در نظر بگیرید.

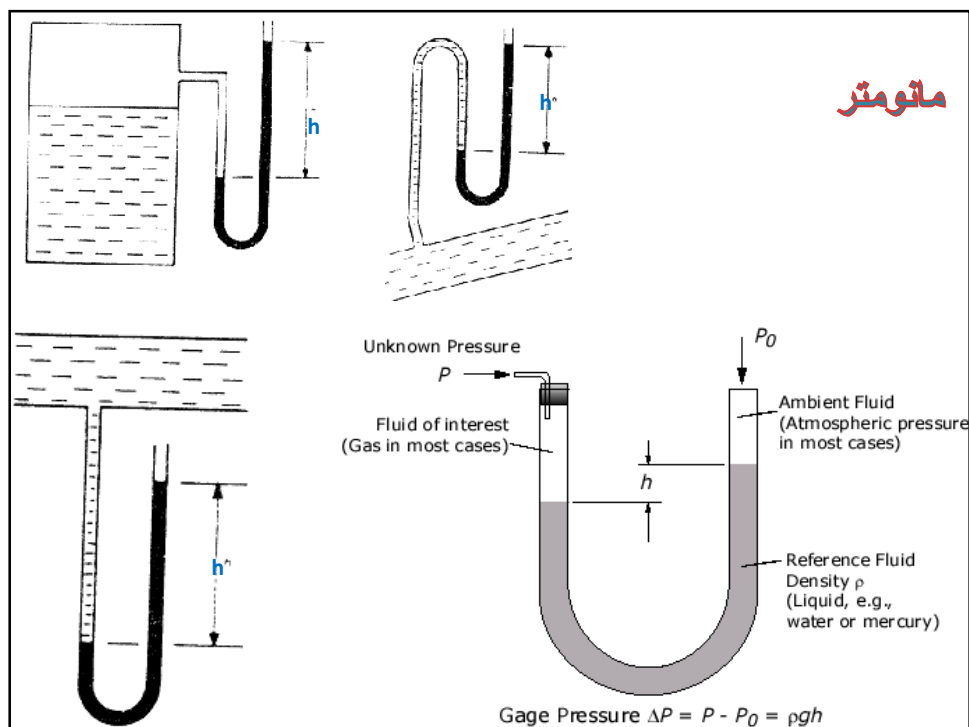
$$P_1 = P_0 + \rho g h_1$$

$$P_2 = P_0 + \rho g h_2$$

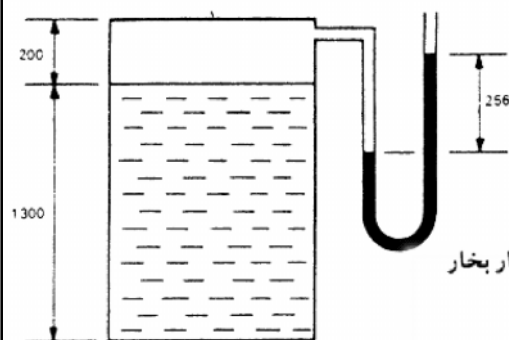
$$P_1 - P_2 = \rho g (h_1 - h_2) = \rho g (Z_2 - Z_1)$$



$$\frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g} = Z_2 - Z_1 \rightarrow \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 \rightarrow \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = Z_2 - Z_1$$



از مانومتر جیوه ای جهت اندازه گیری فشار بخار یک مخزن حاوی گلیسرین استفاده شده است. اگر اختلاف سطح جیوه در دو ساقه مانومتر ۲۵۶ میلی متر باشد، فشار در بالای مخزن، و نیز حداکثر فشار مخزن چقدر خواهد بود. دانسیته نسبی گلیسرین ۱٫۲۶ و دانسیته جیوه ۱۳٫۶ می باشد.



$$\text{فشار بخار} = \rho gh$$

$$= 13.6 \times 10^3 \times 9.81 \times 0.256 \text{ (Pa)}$$

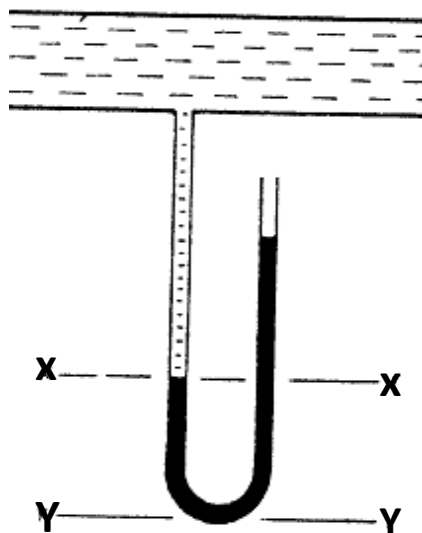
$$= 34.15 \text{ kPa}$$

حداکثر فشار در مخزن در قاعده آن است:

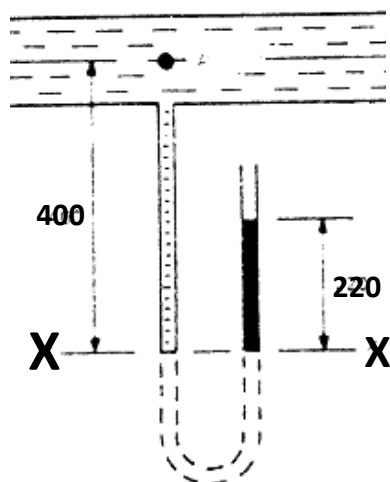
$$p = 34.15 \times 10^3 + 1.26 \times 10^3 \times 9.81 \times 1.3 \text{ (Pa)}$$

$$= 50.2 \text{ kPa}$$

محاسبات مانومتری در مایعات



از مانومتر جیوه ای جهت اندازه گیری فشار آب در لوله ای استفاده شده است. اگر تراز X-X، ۲۰۰ میلی متر پایین تر از محور لوله و ارتفاع جیوه در شاخه سمت راست ۲۲۰ میلی متر بالاتر از ساقه سمت چپ باشد فشار آب در محور لوله را تعیین کنید.


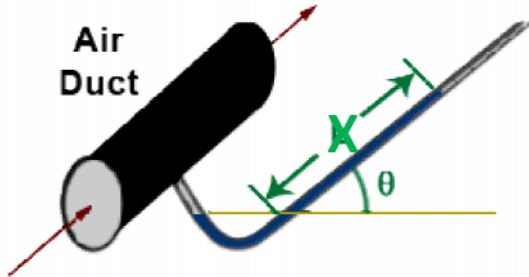


$P = p + \rho gh \text{ (آب)}$ $= p \times 10^3 + 10^3 \times 9.81 \times 0.4 \text{ (Pa)}$ $= p + 3.92 \text{ kPa}$	فشار در ساقه چپ
$p = \rho gh \text{ (جیوه)}$ $= 13.6 \times 10^3 \times 9.81 \times 0.22 \text{ (Pa)}$ $= 29.35 \text{ kPa}$	فشار در ساقه راست
<p>با توجه به برابری فشار در تراز X-X داریم:</p> $p + 3.92 = 29.35$ $p = 29.35 - 3.92$ $= 25.43 \text{ kPa}$	

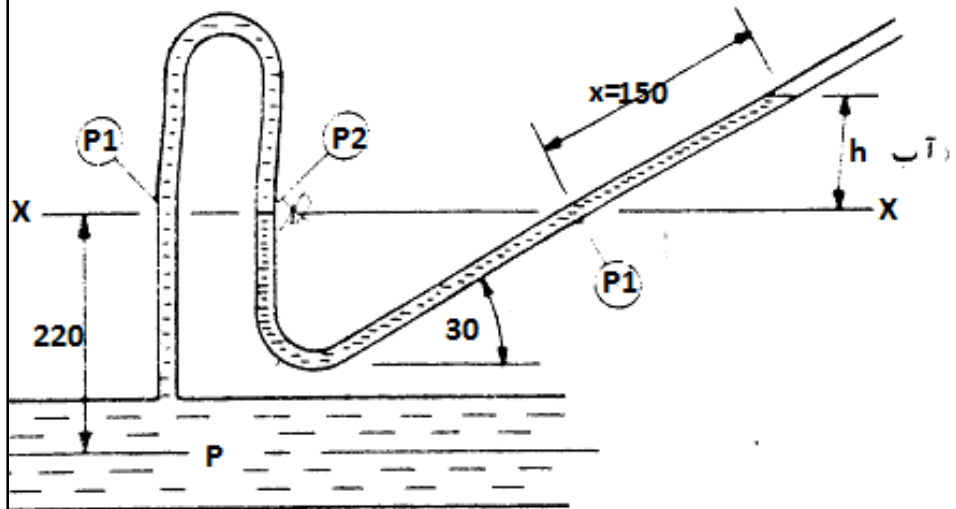
مانومتر شیب دار

$$\sin\theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{h}{x} \Rightarrow h = \sin\theta X = X \sin\theta$$

$$P = \rho gh \rightarrow P = \rho g \sin\theta X$$

از مانومتر شیب دار حاوی آب جهت اندازه گیری فشار در خط لوله نفت با دانسیته نسبی 0.78 استفاده شده است. فشار در محور لوله را تعیین کنید؟



با استفاده از تراز x-x به عنوان تراز مبنا داریم:

$$P_1 = P_2, P_2 = P_3$$

$$P_1 = P_3$$

$$P_1 = \rho g h (\text{آب}) = 10^3 \times 9.81 \times 0.15 \times \sin 30^\circ (\text{Pa})$$

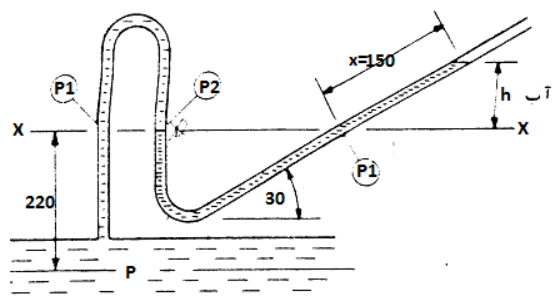
$$= 0.736 \text{ kPa}$$

فشار در محور لوله به شرح زیر است:

$$p = p_3 + \rho g h (\text{نفت})$$

$$= 0.736 + 0.78 \times 9.81 \times 0.2 (\text{kPa})$$

$$= 2.27 \text{ kPa}$$



مانومتر تفاضلی

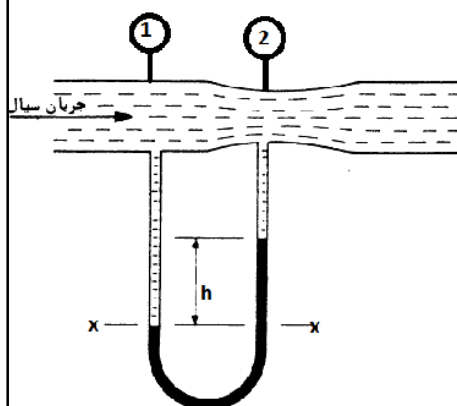
در شاخه چپ با فرض تراز x-x مبنا

$$p = p_2 + \rho_i gh$$

$$p_1 + \rho gh = p_2 + \rho_i gh$$

$$p_1 - p_2 = \rho_i gh - \rho gh$$

در شاخه راست نسبت به تراز x-x مبنا



$$p_1 - p_2 = (\rho_i - \rho) gh$$

جهت اندازه گیری سرعت آب در لوله ای از یک دستگاه ونتوری متصل به یک دستگاه مانومتر جیوه ای استفاده شده است. فشار تفاضلی اندازه گیری شده ۲۲۶ میلی متر جیوه می باشد. اگر سطح جیوه در شاخه چپ، ۲۰۰ میلی متر پایین تر از محور لوله در نقطه ۲ باشد، اختلاف فشار بین نقاط یک و دو را محاسبه کنید؟

$$p = p_1 + \rho gh \text{ (آب)}$$

فشار در شاخه چپ نسبت به تراز مبنا

$$= p_1 + 9.81 \times 0.426 \text{ (kPa)}$$

$$= p_1 + 4.18 \text{ kPa}$$

فشار در شاخه راست نسبت به تراز مبنا

$$p = p_2 + \rho gh \text{ (آب)} + \rho gh \text{ (جیوه)}$$

$$= p_2 + 9.81 \times 0.2 + 13.6 \times 9.81 \times 0.226 \text{ (kPa)}$$

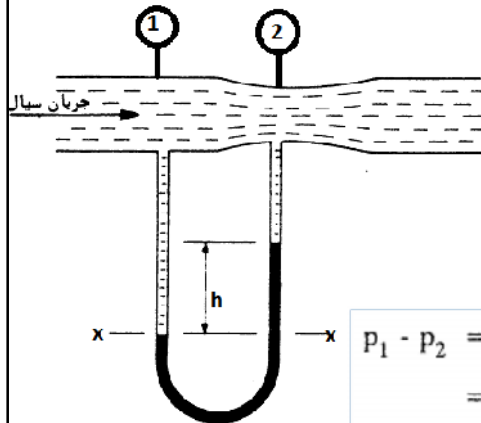
$$= p_2 + 32.11 \text{ kPa}$$

اختلاف فشار بین دو نقطه

$$p_1 + 4.18 = p_2 + 32.11$$

$$p_1 - p_2 = 27.9 \text{ kPa}$$

جهت اندازه گیری سرعت آب در لوله ای از یک دستگاه ونتوری متصل به یک دستگاه مانومتر جیوه ای استفاده شده است. فشار تفاضلی اندازه گیری شده ۲۲۶ میلی متر جیوه می باشد. اگر سطح جیوه در شاخه چپ، ۲۰۰ میلی متر پایین تر از محور لوله در نقطه ۲ باشد، اختلاف فشار بین نقاط یک و دو را محاسبه کنید؟



$$\begin{aligned}
 P_1 - P_2 &= (\rho_1 - \rho)gh \\
 &= (13.6 - 1) \times 10^3 \times 9.81 \times 0.226 \text{ (Pa)} \\
 &= 27.9 \text{ (kPa)}
 \end{aligned}$$